

氏名	中 島 信 一 なか しま しん いち
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 133 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Spiral Instabilities in Semiconductor Plasmas in Transverse Magnetic Fields (横磁場内における半導体プラズマのらせん型不安定性)
論文調査委員	(主 査) 教 授 内 田 洋 一 教 授 田 中 憲 三 教 授 高 橋 勲 教 授 松 原 武 生

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は半導体内に発生したプラズマが磁場内で不安定となる現象を観測し、その機構を明らかにしたものである。

著者は中心部に p-n 接合、周辺にそってオーミック接合を有する Corbino 円板状の n 型 germanium に正孔を注入し電子-正孔プラズマを作った。これに 30V 以上の電圧を半径方向に印加し、3 キロ gauss 以上の磁場を軸方向に加えたところ、この電子-正孔プラズマは不安定となり、電圧電流振動が現われることを見出した。

著者は、この不安定性現象を実測するために試料表面に同心円に沿って各 90° 離れた 4 つの探針を立て、これらに現われる電圧振動の位相を観測した。また、半径方向にも探針をもうけ電圧振動の位相を測定した。測定の結果、電圧の振動部分は円柱座標 (r, θ, z) で

$$V = V_1(r) \exp(-i\omega t + im\theta + ikr)$$

と表わされ、実測上 $B > 0$ の (磁場の方向を Z 方向にとった) 場合 $m = -1$, $k > 0$ であることがわかった。なお、定常電圧分布を測定してこのプラズマの密度が中心部で高いことを推定することができた。また、電流-電圧特性の測定よりこの電圧振動が負性抵抗によるものでないことも証明している。

著者は以上の不安定性現象を説明するため、以下に述べるような機構を提案している。

まず最初にプラズマの定常密度分布の上に中性のらせん形状の perturbation $n_1(r) \exp(-i\omega t + im\theta + ikr)$ が付加されたと仮定した。この perturbation は電子と正孔のドリフトのために、それぞれ電子の perturbation と正孔の perturbation に分離して空間電荷の場が形成される。この場合、電子の r 方向の速度成分は中心部に、正孔のそれは外側に向いている。また、電子の θ 方向の速度成分および正孔のそれは θ の負方向に向いているが、電子の易動度の方が正孔に比し大なるため電子の θ 方向の速度成分は正孔のそれより大である。

この結果、もし $m = -1$, $k > 0$ であるならば電子の perturbation は r 方向の運動によって正孔の

perturbation に対して相対的に θ の正方向に移動する。しかるに θ 方向の運動は電子の perturbation を正孔の perturbation に対して相対的に θ の負の方向に移動する働きをする。著者は前者の効果の方が後者の効果よりも大なることを示した。この結果生じた空間電荷の場は外部磁場が存在するため、外側に向う新たな正負の carrier の流れを生ぜしめる。そして、実験結果が示すように定常密度分布が中心部で高いならば上記の作用は高密度の部分より perturbation へさらに carrier を供給することになる。このことは発生した perturbation が時間的に増大する、すなわち、不安定性が起こることを意味するものである。

以上は $m = -1, k > 0$ の場合であるが、著者は $m = +1, k > 0$ の場合について論及し、この場合に同様な考察をほどこすと、このような perturbation は成長しえないことを示している。

これらの結論は実験結果をよく説明している。参考論文も多くは固体内プラズマを取り扱ったものであるが、とくにその 1 は主論文において著者の提案したモデルに基づいて不安定性の起こる条件をさらに定量的に求める計算を行なったものである。すなわち、電子-正孔に対する運動方程式と連続方程式で準中性を仮定し、さらに定常状態での密度 $n_0(r)$ 、ポテンシャル $V_0(r)$ の上にらせん形状の perturbation $n_1(r) \times \exp(-i\omega t + im\theta + ikr)$ 、 $V_1(r) \exp(-i\omega t + im\theta + ikr)$ が重ねられたとする。ここで $n_0(r)$ と $v_0(r)$ が既知であるとして Kadomtsev と Nedospasov の方法により分散式より複素角振動数 ω の表式を求め、 ω の虚数部が正になれば、不安定性が起こるわけであるが、これによって主論文で求められた密度ポテンシャル分布を考慮に入れると、 kmB が負でなければならないことが導かれた。また、理論的に求められた振動数は約 10^6 cps に及んだが、これらの結果は主論文にある実験結果とよく一致している。

論文審査の結果の要旨

磁場内で起こる半導体プラズマの不安定性の問題は固体内の新しい現象として最近大いに注目をあびるに到ったが、研究の歴史はまだ浅く、従来わずかにある縦磁場内の screw 不安定性に関する若干の研究をも含め実験的にも理論的にも十分な解明をえたものは殆どないと言える。

著者中島信一は半導体に横磁場を適用した際にもプラズマに不安定性が発生することを新たに見出した。しかもこの際、試験した半導体が Corbino 円板のため定常電圧、電流およびプラズマ密度分布が円対称的で、これらに重畳して発生した不安定な振動電圧、振動密度の測定や解析が簡明であった。著者によってこの場合の不安定性発生の機構は少なくとも線型理論の範囲内ではよく説明されている。すなわち、この研究は創意にとみ、かつ半導体プラズマの分野の研究進歩に貢献するところが甚だ大きいと考えられる。

よって、この論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。